

MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent Number: JP7099193
Publication date: 1995-04-11
Inventor(s): YAMADA YOSHIKI
Applicant(s):: NEC CORP
Requested Patent: JP7099193
Application Number: JP19930240009 19930927
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/3205
EC Classification:
Equivalents: JP2555949B2

Abstract

PURPOSE: To make the electric characteristic of the subject semiconductor device excellent by a method wherein an interconnection is formed to be of a laminated structure in which a TiN film has been formed on an Al alloy film.

CONSTITUTION: An Al alloy film 5 is formed. After that, a substrate 1 is cooled down to 150 deg.C or lower. A TiN film 6 is formed by a reactive sputtering operation. After that, a interconnection is formed to be of their laminated structure. Since the TiN film 6 is formed at low temperature, the surface of the Al alloy film is not nitrified, the orientation face of crystals for the Al alloy film is made uniform, and an electromigration life is enhanced. In addition, when a second interconnection is formed on it, its connecting resistance is small.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2555949号

(45) 発行日 平成 8 年 (1996) 11 月 20 日

(24) 登録日 平成 8 年 (1996) 9 月 5 日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3205

H 0 1 L 21/88

R

請求項の数 5 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平 5 - 240009

(22) 出願日 平成 5 年 (1993) 9 月 27 日

(65) 公開番号 特開平 7 - 99193

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 4 月 11 日

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72) 発明者 山田 義明

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 菅野 中

審査官 小野田 誠

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 A l 形成工程と、高融点金属窒化膜形成工程を含み、少なくとも A l 或いは A l 合金膜と高融点金属窒化膜を含む積層構造により、A l 配線を形成する半導体装置の製造方法であって、

A l 形成工程は、真空中にて前記積層構造の A l 或いは A l 合金膜を基板上に形成する工程であり、

高融点金属窒化膜形成工程は、A l 形成工程を経た基板の周囲雰囲気を実真空状態に保ったまま、反応性スパッタリング法により前記基板の A l 或いは A l 合金膜上に高融点金属窒化膜を形成する工程であり、

前記高融点金属窒化膜の形成直前における基板温度は、150℃以下であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記 A l 或いは A l 合金膜の形成温度

は、150℃以上であり、

前記高融点金属窒化膜形成前に前記基板を 150℃以下に冷却する工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記 A l 或いは A l 合金膜を形成後、前記基板を加熱し、前記 A l 或いは A l 合金膜を流動させる工程と、

前記基板を 150℃以下に冷却する工程とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記 A l 配線を形成後、層間絶縁膜を形成する工程と、

前記層間絶縁膜の所望の位置に前記 A l 配線に達する接続孔を形成する工程と、

第 2 の A l 配線を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項 1、2、又は 3 に記載の半導体装置の製造方

法。

【請求項5】 前記高融点金属窒化膜は、窒化チタニウム (TiN) であることを特徴とする請求項1, 2, 3, 又は4に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置の製造方法に関し、特にAl配線を採用した半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の高集積化が進むにつれて配線も微細化される。半導体装置の配線材料としては、Al中にSiやCuを微量に添加したAl合金膜が広く使用されているが、Al合金は反射率が高いため、その上に直接フォトレジスト膜を形成して縮小投影露光法により所望のパターンを形成しようと試みても、思い通りのパターンが形成されない。

【0003】 特に段差がある場所では、Al合金膜からの反射光により、パターンが変化してしまう。そこで、フォトレジスト膜中に染色等を添加して、反射光の影響を少なくすることが行われているが、微細加工性が悪化するなどの問題があり、微細配線には適用困難である。

【0004】 そのため、微細配線形成のためには、微細加工性に優れた普通の（染料等を含まない）フォトレジスト膜を使用するのが望ましく、Al合金膜上に、反射率の低い膜を形成する方法が使われている。この反射率の低い膜として広く使われている膜はTiN膜であり、このTiN膜の反射防止膜としての応用は、例えば1987年春期の応用物理学会の予稿集29a-B-3にて提案されている。

【0005】 Al合金膜上に反射防止膜としてTiN膜を形成してAl配線を形成する際の従来技術による主なプロセスフローを本発明に関する図1を用いて説明する。まず、図1(A)に示すように、シリコン酸化膜2で表面が覆われたシリコン基板1上にTi膜3, TiN膜4を順次スパッタリング法で形成した後、Al合金膜5をスパッタリング法で形成する。Ti膜3はシリコン基板と配線のオーミックコンタクトを良好にさせ、接続抵抗を小さくするためのものであり、その膜厚は20～100nm程度であり、TiN膜4は、シリコン基板とAlの相互拡散により素子が破壊されるのを防ぐバリアメタルであり、50～200nm程度の厚さである。

【0006】 Al合金膜5の形成の際には、シリコン基板1を150～200℃の温度に加熱するものであり、その理由は次の通りである。すなわち、低温では、シリコン基板1のシリコン酸化膜12の段差部に被覆したAl合金膜13が全く移動しないため、図3に示すように段差部底部の角での被覆性が悪く、信頼性を低下させるのと、通常、Al合金膜13中には1%程度のSiが添加されているが、シリコン基板を熱処理し、冷却する

際、Al合金膜13中に、このSiが粒状に析出し、低温で形成したAl合金膜13中では大きな析出粒となり、配線をふさぎやすく、配線の信頼性を低下させる等の問題を解決するために行われる。また低温で形成したAl合金膜は、温度制御が困難であり、Al合金膜質が不安定であり、ばらつくという問題を解決するために行われる。また200℃より高温でAl合金膜を形成した場合、Al合金膜を形成した時点で、すでにAl合金膜中に大きな粒状のSi析出が形成されるため、その後、Al合金膜を所望の形状にパターンニングするため、ドライエッチング法によりエッチングする際、Si析出がエッチング残渣として残ってしまい、配線間が短絡しやすい等の問題を解決するために行われる。

【0007】 Al合金膜5を形成した後、図1(B)に示すように第2のTiN膜6を形成する。TiN膜6は、Tiターゲットを窒素とArの混合雰囲気中でスパッタリングして形成する。その際、Al合金膜5と第2のTiN膜6は同一スパッタ装置の別のプロセス室で続けて形成するのが良い。その理由は次のとおりである。すなわち、Al合金膜5を形成後、一度大気に出してからTiN膜を形成すると、耐エレクトロマイグレーションが悪化したり、その上に第2のAl配線を形成した際のAl配線間の接続抵抗が増大するためである。これらの問題は、1991年の電子情報通信学会技術研究報告のSDM91-136にて報告されている。

【0008】 Al合金膜5と第2のTiN膜6の形成を同一スパッタ装置で続けて行くと、Al合金膜5形成後、真空中であるため、TiN膜6形成前には、ほとんど温度の低下は無く、150℃以上の基板温度でTiN膜6を形成することになる。

【0009】 次に図1(C)に示すようにフォトレジスト膜7をTiN膜6上に形成し、通常のフォトリソグラフィ技術により所望の形状にパターンニングする。

【0010】 次に図1(D)に示すようにドライエッチング技術を用い第2のTiN膜6, Al合金膜5, TiN膜4, Ti膜3を順次エッチングした後、フォトレジスト膜7を除去してAl配線を完成する。

【0011】 次に前述の方法にて第1のAl配線を形成後、第2のAl配線までのプロセスフローを図面を用いて説明する。図2(E)に示すようにシリコン酸化膜8で層間絶縁膜を形成する。シリコン酸化膜8は、プラズマ化学気相成長法にて形成した膜や、回転塗布した後に焼成したSOG膜等と、エッチバック工程を組み合わせで表面を平坦化している。

【0012】 次に図2(F)に示すように、通常のリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、シリコン酸化膜の所望の位置に第2のTiN膜6に達する接続孔を形成する。

【0013】 その後、図2(G)に示すように、第2のAl合金膜9と第3のTiN膜10をスパッタリング法

により形成し、所望の形状にパターニングして第2のA1配線を形成する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】この従来の半導体装置の製造方法では、A1合金膜の形成温度が150℃以上であるため、その後、引き続いてTiN膜を形成すると、TiN膜中に含まれた未反応の活性な窒素により、A1合金膜の表面にわずかに窒化アルミニウム(A1N)が形成される。

【0015】特にA1合金膜の形成時の温度を450℃以上にしたり、A1合金膜形成後、基板を450℃以上に加熱することにより、A1合金膜を流動させて、層間絶縁膜に設けた接続孔を埋め込むプロセスを行う場合、A1Nが形成されやすい。

【0016】このように、A1合金膜とTiN膜の界面でA1Nが形成されると、A1配線のエレクトロマイグレーション耐性が劣化する。その理由は、A1N存在により、基板を熱処理したときのA1合金膜の結晶性が低下するためである。通常、A1合金膜は(100)面に優性配向し、(100)面への配向性が強いものほどエレクトロマイグレーション寿命が長いが、界面にA1Nが形成されると、この(100)面への配向性が弱くなり、エレクトロマイグレーション寿命が短くなるという問題がある。

【0017】また、A1Nは絶縁体であるため、TiN膜とA1合金膜の界面でのA1Nの存在により、TiN膜とA1合金膜の接続抵抗が高くなり、図2(G)のようなA12層配線を形成した場合、第1のA1配線と第2のA1配線の接続抵抗が増大し、最悪の場合には、しや断してしまうという問題がある。

【0018】A1合金膜上のTiN膜形成時の温度が300℃以上では、常に接続抵抗は高いが、150～200℃程度の温度では、接続抵抗の値にバラツキを生じてしまう。

【0019】本発明の目的は、A1合金膜上にTiN膜を形成した積層構造で配線を形成しても、A1表面が窒化されることなく、電気抵抗を良好にする半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明に係る半導体装置の製造方法は、A1形成工程と、高融点金属窒化膜形成工程を含み、少なくともA1或いはA1合金膜と高融点金属窒化膜を含む積層構造により、A1配線を形成する半導体装置の製造方法であって、A1形成工程は、真空中にて前記積層構造のA1或いはA1合金膜を基板上に形成する工程であり、高融点金属窒化膜形成工程は、A1形成工程を経た基板の周囲雰囲気を実真空状態に保ったまま、反応性スパッタリング法により前記基板のA1或いはA1合金膜上に高融点金属窒化膜を形成する工程であり、前記高融点金属窒化

膜の形成直前における基板温度は、150℃以下である。

【0021】また、前記A1或いはA1合金膜の形成温度は、150℃以上であり、前記高融点金属窒化膜形成前に前記基板を150℃以下に冷却する工程を含むものである。

【0022】また、前記A1或いはA1合金膜を形成後、前記基板を加熱し、前記A1或いはA1合金膜を流動させる工程と、前記基板を150℃以下に冷却する工程とを含むものである。

【0023】また、前記A1配線を形成後、層間絶縁膜を形成する工程と、前記層間絶縁膜の所望の位置に前記A1配線に達する接続孔を形成する工程と、第2のA1配線を形成する工程とを含むものである。

【0024】また、前記高融点金属窒化膜は、窒化チタニウム(TiN)である。

【0025】

【作用】A1或いはA1合金膜上に大気にさらすことなく、同一真空中で反応性スパッタリング法により高融点金属膜を形成する際、前記高融点金属膜形成直前の基板の温度を150℃以下にする。

【0026】

【実施例】次に本発明について図面を用いて説明する。図1は、本発明の一実施例を示す工程断面図である。

【0027】図1(A)に示すように、シリコン酸化膜2で表面が覆われたシリコン基板1上に、Ti膜3、TiN膜4を順次スパッタリング法で形成し、その後、150～500℃の温度にシリコン基板1を加熱したまま、例えばA1中にSiを1%、銅を0.5%添加したA1合金膜5をスパッタリング法にて0.3～1.0μmの厚さに形成する。

【0028】次に真空中で別のプロセス室に移動し、シリコン基板1の裏面に室温のArガスを1～3分間流して、シリコン基板1の温度を室温まで冷却する。このときのプロセス室の圧力を高くしたほうが冷却速度が速くて良いが、あまり高くすると、酸素分圧が高くなり、A1合金膜表面が酸化されることがあるため、1 Torr以下にした方が良い。

【0029】次にさらに別のプロセス室に移し、図1(B)に示すように第2のTiN膜6を、Arと窒素の混合雰囲気中でTiターゲットをスパッタリングする反応性スパッタリング法により室温で50～100nmの厚さに形成する。

【0030】次に図1(C)に示すように、フォトリソレジスト膜7をTiN膜6上に形成し、通常のフォトリソグラフィ技術により所望の形状にパターニングする。

【0031】次に図1(D)に示すようにドライエッチング技術を用いて、第2のTiN膜6、A1合金膜5、TiN膜4、Ti膜3を順次エッチングした後、フォトリソレジスト膜7を除去してA1配線を完成する。

【0032】この方法では、Al合金膜5の形成後のシリコン基板の冷却は、スパッタリング室とは別のプロセス室を用いて行っているが、TiN膜6を形成するプロセス室に基板を移動後、TiN膜6の形成前に室温のArガスだけをシリコン基板1の裏面に流し、150℃以下に冷却してから、窒素ガスも加えてターゲットに高電圧を印加し、スパッタリングを開始してTiN膜6を形成しても良い。

【0033】この方法ではAlNが形成されないように安全を高めるため、TiN膜を形成するプロセス室に基板を移動して基板を冷却してから窒素ガスを流しているが、500℃以下の温度では、窒素分子でAl合金膜の表面が窒化されることがないことは実験により確認されているため、Arと同時に窒素ガスを流しても、Al合金膜5の表面にAlNが形成されることは無い。

【0034】この方法では、基板の冷却終了と同時にTiN膜のスパッタリングを開始できるため、単位時間当りの処理枚数を増やすことができる。このようにTiN膜6を形成するプロセス室で基板の冷却を行えば、プロセス室が1個少なくとも本発明を実施できるという利点はあるが、基板の冷却を別のプロセス室で行う方法に比べ、単位時間当りの処理枚数は少ないという問題はある。

【0035】以上説明してきた方法では、低温の不活性ガスを基板に吹き付けて積極的に冷却する方法であるが、そのような方法をとれない装置において、Al合金膜形成時の温度が150℃よりもそれほど高くない時は、TiN膜6の形成前の放置時間を長くし、熱放射により150℃以下になるまで待ってからTiN膜6を形成しても良い。或いは複数枚、例えば25枚の基板にAl合金膜5を形成後、一度基板カセットに戻し、第1枚目の基板から順にTiN膜6を形成しても良い。25枚の基板にAl合金膜5を形成している間に、1枚目の基板温度は熱放射により150℃以下に温度が下がるためである。

【0036】これまでの実施例では、Al合金膜の形成時の温度を150℃以上としたが、Al合金膜は100℃以下の低温で形成した後、基板を400～500℃に加熱し、Al合金膜を流動させて、層間絶縁膜に設けた開孔部を埋め込むプロセスの場合にも、前述の種々の方法によるどれかでシリコン基板を150℃以下に冷却してから、TiN膜を反応性スパッタリング法により形成することにより、本発明の効果が得られる。

【0037】以上説明したような方法により第1のAl配線を形成後、図2(E)～(G)に示すように、層間絶縁膜であるシリコン酸化膜7や第2のAl配線を形成することにより、Al合金膜とTiN膜の界面に全くAlNが形成されることなく、Al2層配線を形成できる。

【0038】以上説明してきた本発明と従来技術の違い

とをはっきりさせるために、それぞれのプロセスフローと基板温度の変化の様子を比較して図3に示す。Al合金膜形成時の基板温度は450℃とする。基板を450℃に加熱し、Al合金膜形成用のプロセス室に移動する間に若干基板温度は低下するが、Al合金膜の形成の際に温度はまた上昇し、450℃以上となる。ここまでは、従来技術と本発明とで全く同じである。その後、従来技術では、TiN膜形成用のプロセス室に基板を移動するが、その際、また基板温度は若干低下するが、400℃以上でTiN膜の形成が開始する。

【0039】これに対して本発明では、TiN膜形成前に基板を室温まで冷却し、その後にTiN膜を形成しており、TiN膜の開始と同時に若干温度は上昇するが、100℃以下である。

【0040】本発明において、Al合金膜上にTiN膜を形成する際の基板温度を150℃以下に限定しているのは、図2(G)に示すようなAl2層配線を形成し、その接続抵抗によりAlNが形成されているかどうかを判定したところ、150℃以上では接続抵抗にバラツキが生じているが、室温から150℃までは、接続抵抗が低く安定していたためである。

【0041】本来Alを窒素で窒化させる場合、500℃以上でないと窒化されないはずであるが、TiN膜形成の際150℃以上で窒化されるのはスパッタリングのプラズマにより発生したラジカル窒素が直接Al表面で窒化するのかTiN膜中にとりこまれた活性な窒素がAl表面を窒化するのか、どちらかあるいは両方によりAl表面が窒化されるため窒化温度が下がったものと思われる。このことは、Al合金膜形成後、窒素雰囲気中で450℃程度に加熱しても、Al表面が窒化されないことによりわかる。

【0042】これまでの説明ではAl配線の最上層がTiN膜であったが、TiN膜の上にさらにAl合金膜や他の金属、例えばタングステン(W)等を形成した場合にも本発明の効果はある。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、Al合金膜形成後、基板を150℃以下に冷却してから、その上にTiN膜を反応性スパッタリング法により形成しているため、Al合金膜とTiN膜の界面にAlN膜が形成するのを防止することができる。この理由は、プラズマで発生したラジカル窒素等の活性な窒素は低温でもAlとは反応しにくく、150℃以下ではAlNが形成されないものと推察される。

【0044】Al合金膜とTiN膜の界面にAlNが形成されないため、Al合金膜とTiN膜との接続抵抗を低く安定に保つことができ、Al2層配線を形成しても接続抵抗は従来技術の1/2以下と低く、ばらつきも小さく形成できる。

【0045】また、Al合金膜はAlNが形成されない

ため、(100)面は基板に対して垂直方向に揃って配向しやすく、したがってエレクトロマイグレーション耐性を向上でき、寿命は3倍以上にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す主要工程断面図である。

【図2】本発明の一実施例を示す主要工程断面図である。

【図3】本発明と従来例のプロセスフローと、その場合

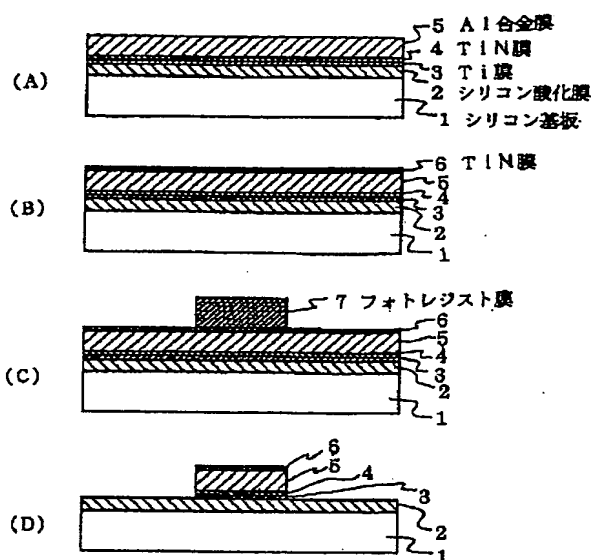
の基板温度変化を示す図である。

【図4】従来例の問題点を説明する断面図である。

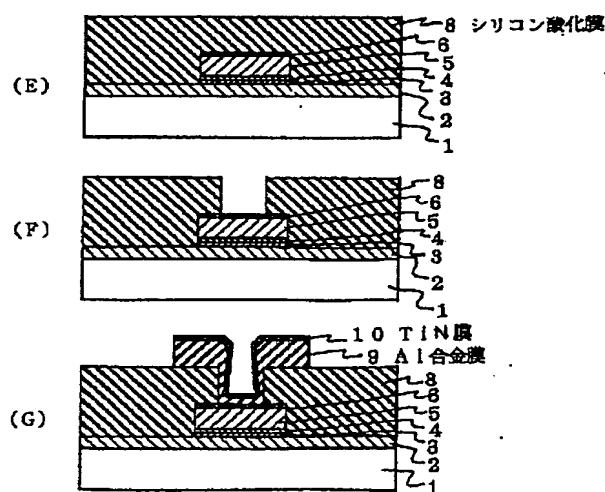
【符号の説明】

- 1, 11 シリコン基板
- 2, 8, 12 シリコン酸化膜
- 3 Ti膜
- 4, 6, 10 TiN膜
- 5, 9, 13 Al合金膜
- 7 フォトリソグ膜

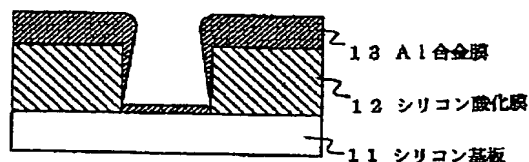
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

